

PUB-NO: DE019725955C1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19725955 C1

TITLE: Quartz glass preform production for optical fibre  
manufacture

PUBN-DATE: January 21, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
RUPPERT, KLAUS DR	DE
STEINKOHL, ANTON	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HERAEUS QUARZGLAS	DE

APPL-NO: DE19725955

APPL-DATE: June 19, 1997

PRIORITY-DATA: DE19725955A ( June 19, 1997)

INT-CL (IPC): C03B019/01, C03B020/00 , C03B037/018 , C03C003/06

EUR-CL (EPC): C03B019/14

ABSTRACT:

CHG DATE=19990905 STATUS=O>Production of a quartz glass preform involves supplying a liquid glass starting material to an injection nozzle of a multi-nozzle deposition burner to cause atomisation or gasification of the material, mixing the material with an oxygen-containing gas to form SiO<sub>2</sub> particles, depositing the particles on a substrate to form a porous preform and then sintering. The deposition burner is supplied with an atomising gas which creates a reduced pressure in the region of the opening of the injection nozzle

(6). Also claimed is an apparatus for carrying out the above process, the apparatus including an atomising gas supply nozzle (7) which is located adjacent the injection nozzle (6) and which has a nozzle opening extending in a plane (12) beyond the injection nozzle opening as viewed in the atomising gas feed direction.



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 197 25 955 C 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 03 B 19/01**  
C 03 B 20/00  
C 03 B 37/018  
C 03 C 3/06

②① Aktenzeichen: 197 25 955.3-45  
②② Anmeldetag: 19. 6. 97  
④③ Offenlegungstag: -  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 1. 99

**DE 197 25 955 C 1**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**  
Heraeus Quarzglas GmbH, 63450 Hanau, DE

⑦④ **Vertreter:**  
Staudt, A., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Ass., 63674  
Altenstadt

⑦② **Erfinder:**  
Ruppert, Klaus, Dr., 63477 Maintal, DE; Steinkohl,  
Anton, 63584 Gründau, DE

⑤⑥ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:**

US 51 10 335  
US 46 18 354

⑤④ **Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohlings und dafür geeignete Vorrichtung**

⑤⑦ Bei einem bekannten Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohlings, durch Zuführen eines Glasausgangsmaterials in flüssiger Form zu einer Einspritzdüse eines mehrdüysigen Abscheidebrenners, Zerstäuben oder Vergasen des flüssigen Glasausgangsmaterials im Abscheidebrenner, Vermischen des zerstäubten oder vergasten Glasausgangsmaterials mit einem sauerstoffhaltigen Gas unter Bildung von SiO<sub>2</sub>-Partikeln in einer chemischen Reaktion, Abscheiden der SiO<sub>2</sub>-Partikel auf einem Substrat unter Bildung einer porösen Vorform und Sintern der Vorform, sind für die Zufuhr und für die Zerstäubung des flüssigen Glasausgangsmaterials aufwendige Vorrichtungen, wie Pumpen und Ultraschall-Zerstäuber erforderlich, die darüber hinaus einem mechanischen Abrieb und einem chemischen Angriff unterliegen, die darüber hinaus wartungsaufwendig sind und aufgrund ihres Platzbedarfes zu einer großen Bauhöhe der Abscheidebrenner führen. Um diese Nachteile zu vermeiden wird erfindungsgemäß ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem dem Abscheidebrenner zur Zerstäubung oder Vergasung des Glasausgangsmaterials ein Zerstäubungsgas zugeführt und dadurch im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse ein Unterdruck erzeugt wird. Bei einer zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung umfaßt eine Zerstäubungsvorrichtung eine Zerstäubungsdüse für die Zufuhr eines Zerstäubungsgases, die benachbart zu der Einspritzdüse angeordnet ist und deren Düsenöffnung, in Zuführrichtung des Zerstäubungsgases gesehen, in ...

**DE 197 25 955 C 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohrlings, durch Zuführen eines Glasausgangsmaterials in flüssiger Form zu einer Einspritzdüse eines mehrdüsigen Abscheidebrenners, Zerstäuben oder Vergasen des flüssigen Glasausgangsmaterials im Abscheidebrenner, Vermischen des zerstäubten oder vergasten Glasausgangsmaterials mit einem sauerstoffhaltigen Gas unter Bildung von  $\text{SiO}_2$  Partikeln in einer chemischen Reaktion, Abscheiden der  $\text{SiO}_2$  Partikel auf einem Substrat unter Bildung einer porösen Vorform und Sintern der Vorform.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, mit einem Abscheidebrenner, der eine Einspritzdüse für die Zufuhr von flüssigem Glasausgangsmaterial, eine Vorrichtung zur Zerstäubung oder Vergasung des Glasausgangsmaterials, sowie eine Brenngasdüse für die Zufuhr von Brenngasen aufweist.

Ein derartiges Abscheideverfahren und ein Abscheidebrenner zur Durchführung sind aus der US-A 5,110,335 bekannt. Zur Herstellung einer Vorform zum Ziehen optischer Fasern werden  $\text{SiO}_2$ -Partikel auf einem rotierenden Quarzglasstab schichtweise abgeschieden. Die hierfür verwendeten metallischen Flammhydrolyse-Brenner weisen eine Zentralbohrung auf, die mit einem  $\text{SiCl}_4$  enthaltenden Vorratsbehälter verbunden ist. Vom Vorratsbehälter wird der Zentralbohrung  $\text{SiCl}_4$  in flüssiger Form zugeführt. Für die Dosierung der  $\text{SiCl}_4$ -Zufuhr wird eine Pumpe eingesetzt. Zum Zerstäuben der Flüssigkeit ist die Mittelbohrung im Bereich der Brennermündung mit einem Ultraschall-Zerstäuber versehen. Das fein zerstäubte  $\text{SiCl}_4$  reagiert in der Flamme des Brenners mit Sauerstoff zu  $\text{SiO}_2$ . Zur Erzeugung der dafür erforderlichen Energie ist die Zentralbohrung coaxial von einer Ringdüse für ein Brenngas und diese wiederum beidseitig von zwei Ringdüsen für Sauerstoff umgeben. Die beidseitige Zufuhr von Sauerstoff zu dem Brenngasstrom erzeugt bei dem bekannten Verfahren eine zylinderförmige Flammenfront. Die Öffnungen der Ringdüsen liegen mit der Öffnung der Zentralbohrung auf einer gemeinsamen Ebene.

Die Zufuhr und die Zerstäubung des flüssigen  $\text{SiCl}_4$  erfordert bei dem bekannten Verfahren aufwendige Vorrichtungen, wie Pumpen und Ultraschall-Zerstäuber. Diese Vorrichtungen unterliegen einem mechanischen Abrieb und einem chemischen Angriff durch flüssiges  $\text{SiCl}_4$ , so daß zwangsläufig Verunreinigungen in die Vorform eingeschleppt werden. Darüberhinaus sind Ultraschall-Zerstäuber besonders wartungsaufwendig und sie führen aufgrund ihres Platzbedarfes zu einer großen Bauhöhe der Abscheidebrenner.

Der Erfindung liegt die technische Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das diese Nachteile vermeidet und eine Vorrichtung hierfür bereitzustellen.

Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe ausgehend von dem eingangs erläuterten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß dem Abscheidebrenner zur Zerstäubung oder Vergasung des Glasausgangsmaterials ein Zerstäubungsgas zugeführt und dadurch gleichzeitig im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse ein Unterdruck erzeugt wird.

Unter "Zerstäuben" wird ein Zerteilen des Glasausgangsmaterials in feine Tröpfchen, unter "Vergasen" ein Überführen der Flüssigkeit in die Dampf- oder Gasform verstanden. Sofern im folgenden nicht ausdrücklich unterschieden wird, umfaßt der Einfachheit halber der Ausdruck "Zerstäuben" auch "Vergasen".

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt das Zerstäuben mittels eines Zerstäubungsgases. Eine zusätzliche Vorrichtung zum Zerstäuben der Flüssigkeit ist nicht erforderlich.

Der mit einer derartigen Vorrichtung verbundene Kosten- und Wartungsaufwand entfällt; darüberhinaus werden Verunreinigungen der Vorform vermieden.

Das flüssige Glasausgangsmaterial wird über eine Einspritzdüse des mehrdüsigen Abscheidebrenners zugeführt. Die Einspritzdüse kann einen kreisförmigen oder ringförmigen Öffnungsquerschnitt aufweisen. Sie kann auch aus mehreren, kreisförmig oder ringförmig zueinander angeordneten Einzeldüsen kombiniert sein. Üblicherweise liegt die Öffnung der Einspritzdüse in der Mittelachse des Abscheidebrenners oder in der Nähe der Mittelachse.

Das Zerstäubungsgas wird über eine Zerstäubungsdüse des mehrdüsigen Abscheidebrenners zugeführt. Ebenso wie die Einspritzdüse kann auch die Zerstäubungsdüse einen kreisförmigen oder einen ringförmigen Öffnungsquerschnitt aufweisen, oder sie kann auch aus mehreren ring- oder kreisförmig angeordneten Einzeldüsen zusammengesetzt sein. Die Zuführung des Zerstäubungsgases über die Zerstäubungsdüse bewirkt nicht nur die Zerstäubung des flüssigen Glasausgangsmaterials, sondern auch einen Unterdruck im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse. Hierfür ist üblicherweise, aber nicht zwangsläufig, eine unmittelbar benachbarte Anordnung von Einspritzdüse und Zerstäubungsdüse sinnvoll. Ein Unterdruck im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse stellt sich ein, wenn die Strömungsbedingungen in den jeweiligen Düsen geeignet aufeinander abgestimmt sind.

Dadurch, daß an der Öffnung der Einspritzdüse ein Unterdruck erzeugt wird, wird das flüssige Glasausgangsmaterial aus der Einspritzdüse angesaugt. Eine Vorrichtung für die Erzeugung der erforderlichen Strömung des Glasausgangsmaterials durch den Abscheidebrenner ist daher bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht erforderlich. Dadurch entfallen wiederum die mit einer derartigen Vorrichtung einhergehenden Kosten-, Wartungs- und Kontaminationsprobleme.

Für die Abscheidung der  $\text{SiO}_2$  Partikel auf dem Substrat können selbstverständlich auch mehrere Abscheidebrenner gleichzeitig eingesetzt werden.

Besonders bewährt hat es sich, als flüssiges Glasausgangsmaterial eine der Verbindungen Siliziumtetrachlorid ( $\text{SiCl}_4$ ), Germaniumtetrachlorid ( $\text{GeCl}_4$ ), Bortrichlorid ( $\text{BCl}_3$ ), Titanatetrachlorid ( $\text{TiCl}_4$ ), Phosphoroxitrichlorid ( $\text{POCl}_3$ ) oder ein Gemisch dieser Verbindungen einzusetzen. Diese Glasausgangsmaterialien und deren Gemische sind bei Raumtemperatur flüssig. Eine zusätzliche Beheizung zur Verflüssigung ist daher nicht erforderlich.

Als Zerstäubungsgase werden Sauerstoff, Argon, Helium oder Stickstoff enthaltende Gase bevorzugt.

Vorteilhafterweise wird das Zerstäubungsgas dem Brennerkopf durch eine die Einspritzdüse coaxial umgebende ringförmige Zerstäubungsdüse zugeführt. Dadurch wird eine besonders effektive und homogene Zerstäubung und eine radialsymmetrische Druckverteilung um die Öffnung der Einspritzdüse erreicht.

In einer besonders bevorzugten Verfahrensweise wird die Zuführung des Glasausgangsmaterials zu dem Brennerkopf mittels des im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse erzeugten Unterdrucks geregelt. Das flüssige Glasausgangsmaterial wird aus einem Vorratsgefäß frei angesaugt. Die Dosierung des Glasausgangsmaterials erfolgt hierbei innerhalb des Abscheidebrenners allein durch den aufgrund der Strömung des Zerstäubungsgases erzeugten Unterdruck.

Die Höhe des angelegten Unterdruckes bestimmt die Dosierung des Glasausgangsmaterials. Eine zusätzliche Regelung der dem Abscheidebrenner zuzuführenden Menge des Glasausgangsmaterials außerhalb des Abscheidebrenners ist bei dieser Verfahrensweise nicht erforderlich. Dies ist ko-

stengünstig, vereinfacht das Abscheideverfahren und es entfallen mögliche Kontaminationsquellen.

Hinsichtlich der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wird die oben angegebene technische Aufgabe ausgehend von der eingangs erläuterten Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Zerstäubungsvorrichtung eine Zerstäubungsdüse für die Zufuhr eines Zerstäubungsgases umfaßt, die benachbart zu der Einspritzdüse angeordnet ist und deren Düsenöffnung, in Zuführrichtung des Zerstäubungsgases gesehen, in einer Ebene hinter der Düsenöffnung der Einspritzdüse verläuft.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist für das Zerstäuben des flüssigen Glasausgangsmaterials eine Zerstäubungsdüse vorgesehen. Ein Ultraschall-Zerstäuber innerhalb des Abscheidebrenners, wie bei der eingangs beschriebenen, bekannten Vorrichtung, ist nicht erforderlich. Die Erfindung erlaubt es daher, den Abscheidebrenner mit niedriger Bauhöhe auszuführen. Darüberhinaus ist die Ausbildung des Abscheidebrenners mit einer Zerstäubungsdüse mit vergleichsweise geringem Material- und Arbeitsaufwand verbunden. Die Gefahr einer Kontamination der Vorform ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung gering.

Das flüssige Glasausgangsmaterial wird über eine Einspritzdüse des mehrdüysigen Abscheidebrenners zugeführt. Die Einspritzdüse kann einen kreisförmigen oder ringförmigen Öffnungsquerschnitt aufweisen. Sie kann auch aus mehreren Einzeldüsen kombiniert sein. Üblicherweise liegt die Öffnung der Einspritzdüse in der Mittelachse des Abscheidebrenners oder in der Nähe der Mittelachse.

Die Zerstäubungsdüse des mehrdüysigen Abscheidebrenners kann ebenfalls einen kreisförmigen oder einen ringförmigen Öffnungsquerschnitt aufweisen, oder sie kann auch aus mehreren Einzeldüsen bestehen. Einspritzdüse und Zerstäubungsdüse sind verschiedene, räumlich voneinander getrennte Bestandteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Zerstäubungsdüse ist unmittelbar oder mittelbar benachbart zu der Einspritzdüse angeordnet.

Die Düsenöffnung der Zerstäubungsdüse verläuft, in Zuführrichtung des Zerstäubungsgases gesehen, in einer Ebene hinter der Düsenöffnung der Einspritzdüse. Die jeweiligen Düsenöffnungen sind somit nicht koplanar zueinander. Die Zerstäubungsdüse überragt die Einspritzdüse. Dadurch kann auf einfache Art und Weise im Bereich der Düsenöffnung der Einspritzdüse ein Unterdruck erzeugt werden. Durch den Unterdruck wird das flüssige Glasausgangsmaterial angesaugt. Zusätzliche Vorrichtungen zur Erzeugung der erforderlichen Strömung des Glasausgangsmaterials können somit entfallen.

Durch die chemische Reaktion des Brenngases oder der Brenngase wird in einer Reaktionszone die Energie für die Umsetzung des Glasausgangsmaterials zu  $\text{SiO}_2$ -Partikeln erzeugt. Üblicherweise handelt es sich bei den Brenngasen um Wasserstoff und Sauerstoff, die durch zwei räumlich voneinander getrennte Düsen der Reaktionszone zugeführt werden.

Als besonders vorteilhaft hat sich es sich erwiesen, die Zerstäubungsdüse im wesentlichen ringförmig auszubilden und sie zwischen der Einspritzdüse und der Brenngasdüse anzuordnen, wobei sie die Einspritzdüse coaxial umschließt. Mit dieser Vorrichtung, die sich durch ihre einfache Ausbildung auszeichnet, wird eine besonders wirksame Zerstäubung und eine symmetrische Druckverteilung um die Einspritzdüse erreicht.

Darüberhinaus verhindert die Zerstäubungsdüse einen vorzeitigen Kontakt zwischen dem flüssigen Glasausgangsmaterial und dem Brenngas bzw. den Brenngasen. Denn die Zerstäubungsdüse umschließt die Öffnung der Einspritzdüse. Der Bereich zwischen der Düsenöffnung der Ein-

spritzdüse und der Düsenöffnung der Zerstäubungsdüse steht daher für die weitere Zerstäubung des Glasausgangsmaterials zur Verfügung.

Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, den Abstand der Düsenöffnungen von Einspritzdüse und Zerstäubungsdüse auf mindestens 3 mm einzustellen. Dieser Abstand erlaubt nicht nur die Einstellung eines ausreichenden Unterdrucks im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse, sondern gewährleistet auch eine homogene Zerstäubung des Glasausgangsmaterials.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung erweitert sich der Querschnitt der Zerstäubungsdüse in Zuführrichtung des Zerstäubungsgases gesehen, in einem Bereich von unterhalb ihrer Düsenöffnung. Die Erweiterung des Düsenquerschnittes wirkt für den Zerstäubungsgas-Strom ähnlich einem Diffusor. Dieser erleichtert die Erzeugung turbulenter Strömung in diesem Bereich und er ermöglicht einen hohen Unterdruck im Bereich der Einspritzdüse. Die turbulente Strömung kann zu der Zerstäubung des Glasausgangsmaterials zusätzlich beitragen. Der Bereich mit erweitertem Öffnungsquerschnitt liegt üblicherweise in etwa in der Höhe der Öffnung der Einspritzdüse.

In einer anderen bevorzugten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Zerstäubungsdüse in Form einer Venturi-Düse ausgebildet. Diese Düsenform erlaubt die Einstellung einer besonders hohen Strömungsgeschwindigkeit des Zerstäubungsgases im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse. Hierzu wird üblicherweise der Düsenabschnitt mit dem kleinsten Öffnungsquerschnitt in Höhe der Öffnung der Einspritzdüse angeordnet. In Richtung auf die Düsenöffnung erweitert sich der Querschnitt der Venturi-Düse. Dadurch kommt es zu einer raschen Entspannung des Gasdruckes, so daß eine Verdampfung oder Vergasung des flüssigen Glasausgangsmaterials ermöglicht wird.

Insbesondere hinsichtlich einer guten Durchmischung des vergasten oder zerstäubten Glasausgangsmaterials mit dem Brenngas hat sich eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung bewährt, bei der die Öffnung der Brenngasdüse, in Zuführrichtung des Zerstäubungsgases gesehen, vor der Öffnung der Zerstäubungsdüse angeordnet ist. Dies führt zu einer verbesserten Durchmischung des Glasausgangsmaterials mit dem Brenngas bzw. mit den Brenngasen. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung kann der Abstand zwischen dem Brenner und der Oberfläche des Substrates oder der sich bildenden Vorform deshalb besonders klein gehalten werden.

Besonders bewährt hat sich eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der die Brenngasdüse gegenüber der Zerstäubungsdüse in Zuführrichtung des Zerstäubungsgases gesehen verlängert ist. Die Verlängerung bewirkt eine homogenere Zerstäubung bzw. Vergasung des Glasausgangsmaterials vor dem Kontakt mit dem Brenngas bzw. mit den Brenngasen. Dabei ist der Abstand der Düsenöffnungen von Zerstäubungsdüse und Brenngasdüse bevorzugt im Bereich zwischen 3 mm und 5 mm eingestellt. Darüberhinaus kann es vorteilhaft sein, den Querschnitt der Brenngasdüse in einem Bereich unterhalb ihrer Düsenöffnung zu erweitern. Die Erweiterung des Düsenquerschnittes wirkt ähnlich einem Diffusor. Dadurch wird die Erzeugung turbulenter Strömung in diesem Bereich erleichtert und die Vermischung des Brenngases mit dem vergasten oder zerstäubten Glasausgangsmaterial verbessert. Der Bereich mit erweitertem Öffnungsquerschnitt liegt üblicherweise in etwa in der Höhe der Öffnung der Zerstäubungsdüse.

Insbesondere hinsichtlich einer geringen Kontamination der Vorform zeichnet sich eine Vorrichtung aus, bei der der Abscheidebrenner einen Brennerkopf aufweist, der vollstän-



dig aus Quarzglas besteht. Anschlußleitungen und Verbindungsteile zum Abscheidebrenner können beispielsweise aus Edelstahl oder aus Kunststoffen gefertigt sein. Ein mehrdüsigter Abscheidebrenner ist aus Quarzglas verhältnismäßig einfach herstellbar.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der Patentzeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen im einzelnen in schematischer Darstellung

**Fig. 1** eine erste Ausführungsform eines, insbesondere für eine Zerstäubung von flüssigem Glasausgangsmaterial geeigneten, Abscheidebrenners,

**Fig. 2** eine weitere Ausführungsform eines, insbesondere für eine Vergasung von flüssigem Glasausgangsmaterial geeigneten, Abscheidebrenners, und

**Fig. 3** eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abscheidebrenners.

In **Fig. 1** ist ein Teil des Brennerkopfes eines Abscheidebrenners dargestellt, dem insgesamt die Bezugsziffer 1 zugeordnet ist. Der Brennerkopf 1 ist um seine Längsachse (gestrichelte Linie) radialsymmetrisch aufgebaut. Er besteht aus insgesamt vier coaxial zueinander angeordneten Quarzglas-Rohren 2, 3, 4, 5. Das zentrale Rohr 2 umschließt eine Einspritzdüse 6. Zwischen dem zentralen Rohr 2 und dem benachbarten Rohr 3 ist eine Zerstäubungsdüse 7 ausgebildet. Die Rohre 3, 4 umschließen die Ringdüse 8, und die Rohre 4 und 5 die Außendüse 9. Die Wandstärke der Rohre 2, 3, 4, 5 beträgt 2 mm.

Die Einspritzdüse 6, die im Querschnitt kreisförmig ausgebildet ist, ist mit einem (in der **Fig. 1** nicht dargestellten) Flüssigtank für  $\text{SiCl}_4$  verbunden. In die Zerstäubungsdüse 7, die einen im wesentlichen ringförmigen Querschnitt mit einer Öffnungsweite von ca. 1 mm aufweist, wird Sauerstoff eingeleitet, in die Ringdüse 8 mit einer Öffnungsweite von 3 mm wird Wasserstoff eingeleitet. Der im Querschnitt ebenfalls ringförmig ausgebildeten Außendüse 9 mit einer Öffnungsweite von 3 mm, wird Sauerstoff zugeführt. Die Zuführrichtung ist mit dem Richtungspfeil 10 gekennzeichnet.

Die Düsenöffnungen der jeweiligen Düsen 6, 7, 8, 9 liegen – in Zuführrichtung 10 gesehen – auf unterschiedlichen Ebenen. Der Düsenöffnung für die Einspritzdüse ist die innere Ebene 11 zugeordnet. Die Düsenöffnungen der Zerstäubungsdüse 9 und der Ringdüse 8 verlaufen in der mittleren Ebene 12, und die Düsenöffnung der Außendüse 9 liegt in der äußeren Ebene 13.

Der Abstand der inneren Ebene 11 von der mittleren Ebene 12 beträgt 3 mm. Die mittlere Ebene 12 und die äußere Ebene 13 sind 4 mm voneinander entfernt.

Das freie Ende des inneren Quarzglas-Rohres 2 verjüngt sich in Zuführrichtung 10 gesehen. Die Verjüngung 14 erstreckt sich über eine Länge von 10 mm bis zur Düsenöffnung für die Einspritzdüse (entsprechend der inneren Ebene 11). Entsprechend der Verjüngung des Rohres 2 erweitert sich der Querschnitt der Zerstäubungsdüse 7 in diesem Bereich.

Gleichermaßen verjüngt sich auch das freie Ende des Quarzglas-Rohres 3 in Zuführrichtung 10 gesehen. Die Verjüngung 15 erstreckt sich über eine Länge von ebenfalls 10 mm, bis zur mittleren Ebene 12. Dadurch erweitert sich der Querschnitt der Ringdüse 8 in diesem Bereich. Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand des in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Durch die Einspritzdüse 6 wird flüssiges  $\text{SiCl}_4$ , durch die Zerstäubungsdüse 7 Sauerstoff, durch die Ringdüse 8 Wasserstoff und durch die Außendüse 9 Sauerstoff geleitet, wobei die Strömungsgeschwindigkeiten der jeweiligen Materialströme in der Reihenfolge ihrer Nennung in einem Ver-

hältnis von etwa 5 : 1 : 2 : 15 zueinander stehen.

Der durch die Zerstäubungsdüse 7 geleitete Sauerstoffstrom ist dabei so bemessen, daß er das aus der Einspritzdüse 6 austretende, flüssige  $\text{SiCl}_4$  mitreißt und dabei zerstäubt. Hierzu trägt die Erweiterung des Öffnungsquerschnittes der Zerstäubungsdüse 7 bei, indem dadurch die Strömungsgeschwindigkeit des Zerstäubungsgases Sauerstoff in dem Bereich unterhalb der Düsenöffnung (innere Ebene 11) vergrößert wird und eine turbulente Strömung erzeugt wird.

Darüberhinaus erzeugt die Strömung des Zerstäubungsgases im Bereich der Düsenöffnung der Einspritzdüse 7 (entsprechend der inneren Ebene 11) einen Unterdruck. Aufgrund des Unterdruckes wird flüssiges  $\text{SiCl}_4$  aus der Einspritzdüse 7 angesaugt. Die Dosierung der angesaugten Flüssigkeitsmenge erfolgt über die Höhe des Unterdruckes. Dieser wiederum hängt von der Strömungsgeschwindigkeit des Zerstäubungsgases ab. Ein ausreichender Unterdruck wird erreicht, indem die Öffnung der Zerstäubungsdüse 7 – in Zuführrichtung 10 gesehen – nach vorne, bis zur mittleren Ebene 12 vorgezogen ist. Aufgrund der äußeren Begrenzung für die Strömung des Zerstäubungsgases, wirkt diese besonders im Bereich der Düsenöffnung der Einspritzdüse 6 und erzeugt dort den erforderlichen Unterdruck.

Darüberhinaus wird durch die äußere Begrenzung für das Zerstäubungsgas ein vorzeitiger Kontakt mit dem Brenngas (Wasserstoff und Sauerstoff) verhindert. Die ca. 3 mm lange Strecke zwischen den beiden Ebenen 11 und 12 dient der Zerstäubung des flüssigen  $\text{SiCl}_4$  vor dem Kontakt mit dem Wasserstoff aus der Ringdüse 8.

Darüberhinaus wird bei dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine weitere Zerstäubung im Bereich zwischen den Ebenen 12 und 13 gewährleistet. Denn in diesem Bereich bildet das Quarzglas-Rohr 4 eine äußere Begrenzung, die den Kontakt mit dem Sauerstoff aus der Außendüse 9 und damit eine chemische Reaktion mit dem Wasserstoff verhindert. Dies gewährleistet eine besonders homogene Zerstäubung und Durchmischung des flüssigen  $\text{SiCl}_4$  vor der Hydrolysereaktion.

Dazu trägt die Verbreiterung des Querschnittes der Ringdüse 8 im Bereich unterhalb der Ebene 12 bei. Die Verbreiterung wirkt wie ein Diffusor für den Wasserstoff-Strom, so daß oberhalb dieses Bereiches eine turbulente Gasströmung erzeugt wird, die zu einer besseren Vermischung der Gase und der zerstäubten Flüssigkeit führt.

Sofern bei den Darstellungen weiterer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung in den **Fig. 2** und **3** dieselben Bezugsziffern wie in **Fig. 1** verwendet werden, so bezeichnen diese Bezugsziffern Bauteile oder andere Elemente des Brennerkopfes, wie sie anhand **Fig. 1** für die identischen Bezugsziffern erläutert sind.

Bei dem Brennerkopf 1 gemäß **Fig. 2** ist die Zerstäubungsdüse als sogenannte "Venturi-Düse" 16 ausgebildet, die von den Quarzglas-Rohren 2 und 17 begrenzt wird. Als Zerstäubungsgas wird hierbei Sauerstoff eingesetzt. In Zuführrichtung 10 gesehen verjüngt sich der ringförmige Düsenpalt der Venturi-Düse 16 im Bereich unterhalb der Düsenöffnung der Einspritzdüse 2 (Ebene 11), während sich die Düsenöffnung im Bereich 18 oberhalb der Ebene 11, also oberhalb der Öffnung der Einspritzdüse 2 bis zu der Ebene 12 erweitert.

Durch die besondere Gestaltung der Venturi-Düse 16 wird im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse 6 (Ebene 11) ein starker Unterdruck erzeugt, der zur Vergasung des flüssigen  $\text{SiCl}_4$  führen kann. Durch Vergasung wird eine besonders homogene Verteilung des Glasausgangsstoffes erreicht. Im übrigen unterscheidet sich die Vorrichtung gemäß **Fig. 2** nicht wesentlich von derjenigen gemäß **Fig. 1**. Hinsichtlich der Vorteile und Wirkungen der einzelnen Bestandteile des

Brennerkopfes 1 und hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens wird daher auf die obenstehenden näheren Erläuterungen verwiesen.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Teil eines Brennerkopfes 1 verlaufen die Düsenöffnungen der Ringdüse 8 und der Außendüse 9 auf einer gemeinsamen Ebene 20. Die Düsenöffnung der Einspritzdüse 6 liegt in der mittleren Ebene 21 und die Düsenöffnung der Zerstäubungsdüse 7 in der äußeren Ebene 22.

Als Zerstäubungsgas wird Sauerstoff eingesetzt, als Glasausgangsmaterial flüssiges  $\text{SiCl}_4$ . Der durch die Zerstäubungsdüse 7 geleitete Sauerstoffstrom ist so bemessen, daß er das aus der Einspritzdüse 6 austretende, Flüssigkeitsgemisch mitreißt und dabei zerstäubt. Hierzu trägt die Erweiterung des Öffnungsquerschnittes der Zerstäubungsdüse 7 bei, indem dadurch die Strömungsgeschwindigkeit des Zerstäubungsgases in dem Bereich unterhalb der Düsenöffnung der Einspritzdüse 6 (mittlere Ebene 21) vergrößert wird und eine turbulente Strömung erzeugt wird.

Darüberhinaus erzeugt die Strömung des Zerstäubungsgases im Bereich der Düsenöffnung der Einspritzdüse 7 (entsprechend der mittleren Ebene 21) einen Unterdruck. Aufgrund des Unterdruckes wird flüssiges  $\text{SiCl}_4$  aus der Einspritzdüse 7 angesaugt. Die Dosierung der angesaugten Flüssigkeitsmenge erfolgt über die Höhe des Unterdruckes. Dieser wiederum hängt von der Strömungsgeschwindigkeit des Zerstäubungsgases ab. Ein ausreichender Unterdruck wird erreicht, indem die Öffnung der Zerstäubungsdüse 7 – in Zuführrichtung 10 gesehen – nach vorne, bis zur äußeren Ebene 22 vorgezogen ist. Aufgrund der äußeren Begrenzung für die Strömung des Zerstäubungsgases, wirkt diese besonders im Bereich der Düsenöffnung der Einspritzdüse 6 und erzeugt dort den erforderlichen Unterdruck. Der Abstand der Ebenen 21 und 22 beträgt etwa 3 mm.

Bei dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegen die Düsenöffnungen für die Brenngas-Düsen 8 und 9 für Wasserstoff und Sauerstoff auf einer gemeinsamen Ebene 20, die – in Zuführrichtung 10 gesehen – vor der Düsenöffnung der Zerstäubungsdüse 7 (Ebene 22) liegt. Der Abstand zwischen den Ebenen 20 und 22 beträgt etwa 5 mm. In dem Bereich zwischen den Ebenen 20 und 22 kommt es zu einer Vermischung und einer Reaktion zwischen Sauerstoff und Wasserstoff. Dadurch steht bereits im Bereich um die Ebene 22 Reaktionsenergie für die Hydrolysereaktion des zerstäubten Glasausgangsmaterials bereit, so daß bei diesem Brenner die Reaktionszone für die Hydrolysereaktion bereits verhältnismäßig nahe am Brennermund beginnt. Dadurch ist es möglich, den Abstand des Brennerkopfes 1 von der Oberfläche der sich bildenden Vorform klein zu halten, was in Hinblick auf die Abscheiderate und die Effizienz der Abscheidung vorteilhaft sein kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohrlings, durch Zuführen eines Glasausgangsmaterials in flüssiger Form zu einer Einspritzdüse eines mehrdüsenigen Abscheidebrenners, Zerstäuben oder Vergasen des flüssigen Glasausgangsmaterials im Abscheidebrenner, Vermischen des zerstäubten oder vergasteten Glasausgangsmaterials mit einem sauerstoffhaltigen Gas unter Bildung von  $\text{SiO}_2$  Partikeln in einer chemischen Reaktion, Abscheiden der  $\text{SiO}_2$  Partikel auf einem Substrat unter Bildung einer porösen Vorform und Sintern der Vorform, dadurch gekennzeichnet, daß dem Abscheidebrenner zur Zerstäubung oder Vergasung des Glasausgangsmaterials ein Zerstäubungsgas zugeführt und dadurch im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse (6)

ein Unterdruck erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als flüssiges Glasausgangsmaterial eine der Verbindungen Siliziumtetrachlorid ( $\text{SiCl}_4$ ), Germaniumtetrachlorid ( $\text{GeCl}_4$ ), Bortrichlorid ( $\text{BCl}_3$ ), Titantetrachlorid ( $\text{TiCl}_4$ ), Phosphoroxyltrichlorid ( $\text{POCl}_3$ ) oder ein Gemisch dieser Verbindungen eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsgas Sauerstoff, Argon, Helium oder Stickstoff enthält.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsgas dem Abscheidebrenner über eine die Einspritzdüse (6) koaxial umgebende ringförmige Zerstäubungsdüse (7; 16) zugeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführung des Glasausgangsmaterials zu dem Abscheidebrenner mittels des im Bereich der Öffnung der Einspritzdüse (6) erzeugten Unterdrucks geregelt wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Abscheidebrenner, der eine Einspritzdüse für die Zufuhr von flüssigem Glasausgangsmaterial, eine Vorrichtung zur Zerstäubung oder Vergasung des Glasausgangsmaterials, sowie eine Brenngasdüse für die Zufuhr von Brenngasen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsvorrichtung eine Zerstäubungsdüse (7; 16) für die Zufuhr eines Zerstäubungsgases umfaßt, die benachbart zu der Einspritzdüse (6) angeordnet ist und deren Düsenöffnung, in Zuführrichtung (10) des Zerstäubungsgases gesehen, in einer Ebene (12) hinter der Düsenöffnung der Einspritzdüse (6) verläuft.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsdüse (7; 16) im wesentlichen ringförmig ausgebildet ist, daß sie zwischen der Einspritzdüse (6) und der Brenngasdüse (8; 9) angeordnet ist und daß sie die Einspritzdüse (6) koaxial umschließt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Düsenöffnungen von Einspritzdüse (6) und Zerstäubungsdüse (7; 16) mindestens 3 mm beträgt.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Querschnitt der Zerstäubungsdüse (7; 16) in Zuführrichtung (10) des Zerstäubungsgases gesehen, in einem Bereich von unterhalb ihrer Düsenöffnung erweitert.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsdüse in Form einer Venturi-Düse (16) ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Brenngasdüse (8; 9) gegenüber der Zerstäubungsdüse (7; 16) in Zuführrichtung (10) des Zerstäubungsgases gesehen verlängert ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Düsenöffnungen von Zerstäubungsdüse (7; 16) und Brenngasdüse (8; 9) im Bereich zwischen 3 mm und 5 mm eingestellt ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung der Brenngasdüse (8; 9), in Zuführrichtung (10) des Zerstäubungsgases gesehen, vor der Öffnung der Zerstäubungsdüse (7; 16) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abscheidebrenner einen Brennerkopf (1) aufweist, der

vollständig aus Quarzglas besteht.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



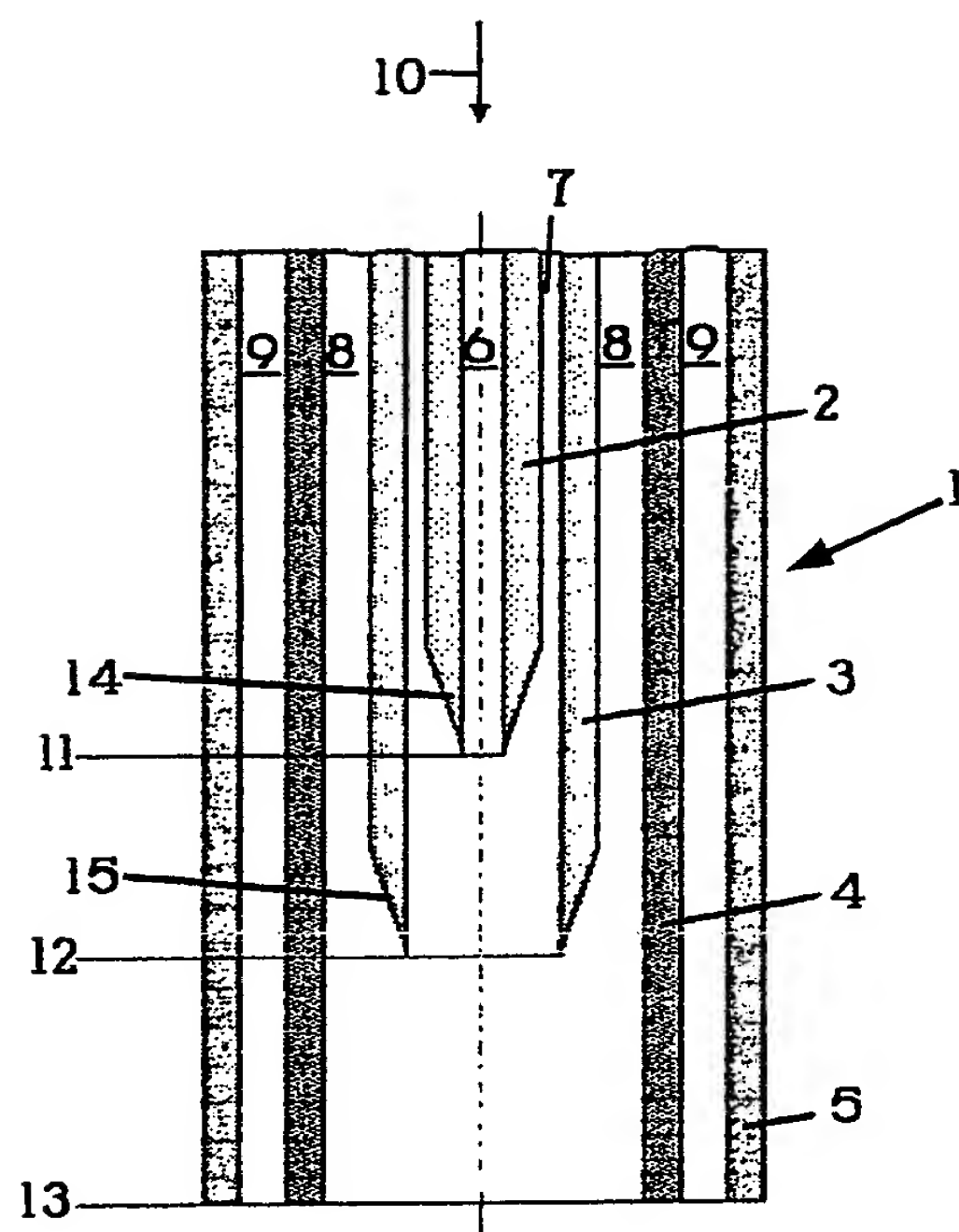


Fig. 1

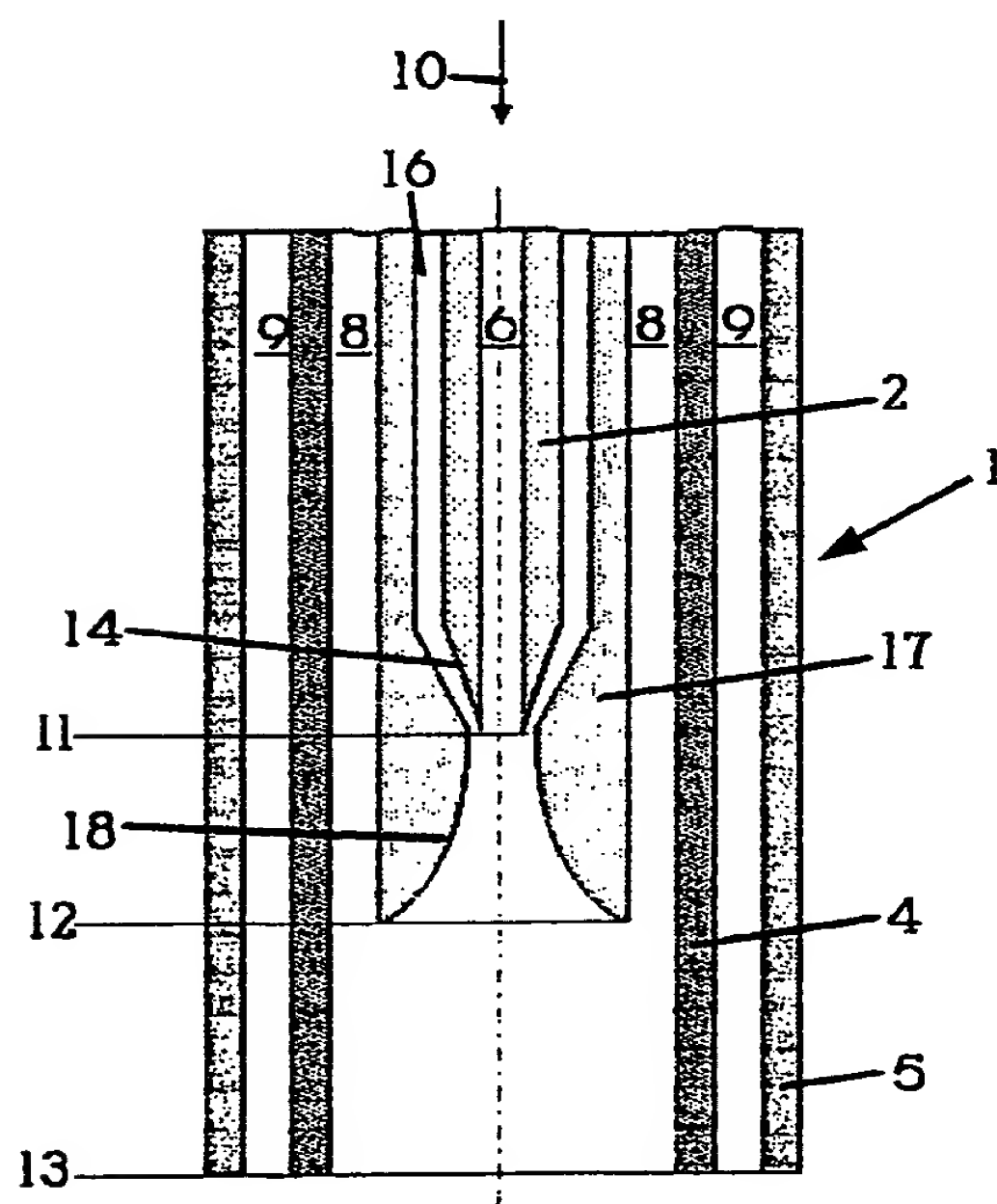


Fig. 2

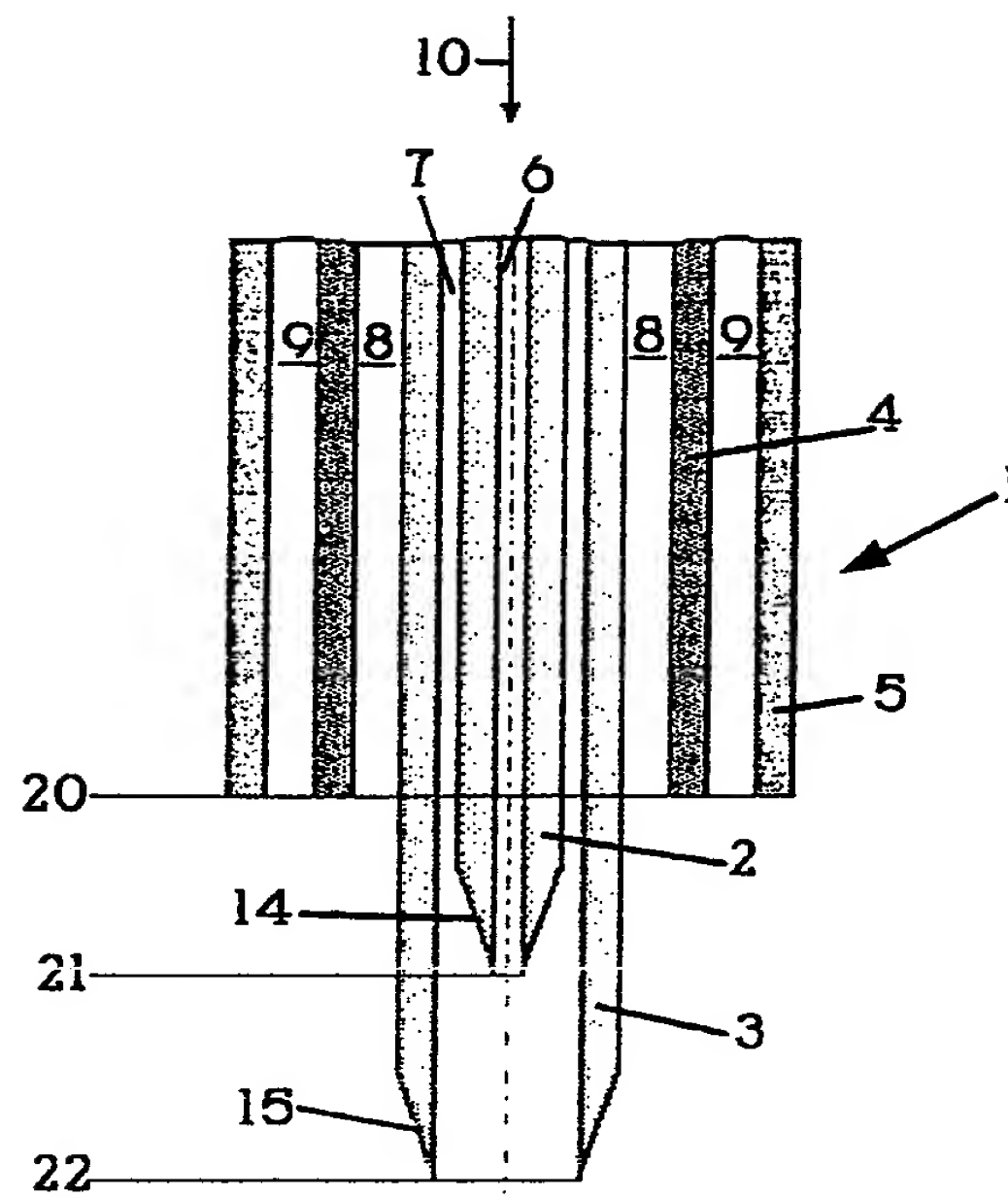


Fig. 3